```
SELECT  s.Nome, e.Data
FROM    Studenti s, Esami e
WHERE  e.Materia = 'BD'  AND  e.Voto = 30  AND   e.Matricola =
  s.Matricola


SELECT  s.Nome As Nome,  2018 - s.AnnoNascita As Eta,
                                                  0 As NumeroEsami
FROM    Studenti s
WHERE  NOT EXISTS (SELECT  *
                          FROM     Esami e
                          WHERE  e.Matricola = s.Matricola )
```

SQL: Structured Query Language

- SQL è stato definito nel 1973 ed è oggi il linguaggio universale dei sistemi relazionali
- Standard: SQL-84, SQL-89, SQL-92 (o SQL2), SQL:1999 (o SQL3) (ANSI/ISO)
- SQL-92: entry, intermediate e full SQL.
- SQL:1999: a oggetti.
- SQL: DDL, DML, Query language.

SQL PER INTERROGARE: SELECT FROM WHERE

- SQL è un calcolo su multiinsiemi.
- Il comando base dell'SQL:
  - SELECT [DISTINCT] Attributo {, Attributo}
  - FROM Tabella [Ide] {, Tabella [Ide]}
  - [WHERE Condizione]
- Semantica: prodotto + restrizione + proiezione.
- Un attributo A di una tabella "R x" si denota come: A oppure R.A oppure x.A

LA LISTA DEGLI ATTRIBUTI

- Attributi ::= *
  | Expr [[AS] Nuovonome] {, Expr [[AS] Nuovonome]}
- Expr ::= [Ide.]Attributo | Const
  | (Expr) | [-] Expr [Op Expr]
  | COUNT(*)
  | AggrFun ([DISTINCT] [Ide.]Attributo)
- e AS x: dà un nome alla colonna di e
- AggrFun ::= SUM | COUNT | AVG | MAX | MIN
- AggrFun: o si usano tutte funzioni di aggregazione (e si ottiene un'unica riga) o non se ne usa nessuna.

LA LISTA DELLE TABELLE

- Le tabelle si possono combinare usando:
  - "," (prodotto): FROM T1,T2
  - Giunzioni di vario genere:
    - Studenti s JOIN Esami e ON s.Matricola=e.Matricola
    - Studenti s JOIN Esami e USING Matricola
    - Studenti s NATURAL JOIN Esami e
    - Studenti s LEFT JOIN Esami e ON s.Matricola=e.Matricola
    - LEFT JOIN – USING
    - NATURAL LEFT JOIN
    - RIGHT JOIN
    - FULL JOIN

LA CONDIZIONE

- Combinazione booleana di predicati tra cui:
  - Expr Comp Expr
  - Expr Comp (Sottoselect che torna un valore)
  - [NOT] EXISTS (Sottoselect)
  - Espr Comp (ANY | ALL) (Sottoselect)
  - Expr [NOT] IN (Sottoselect) (oppure IN (v1,..,vn))
- Comp: <, =, >, <>, <=, >=

SINTASSI DELLA SELECT

- Sottoselect:

  SELECT [DISTINCT] Attributi
  FROM Tabelle
  [WHERE Condizione]
  [GROUP BY A1,..,An [HAVING Condizione]]

- Select:

  Sottoselect
  { (UNION | INTERSECT | EXCEPT)
  Sottoselect }
  [ORDER BY Attributo [DESC] {, Attributo [DESC]}]

ESEMPI: Proiezione

- Trovare il nome, la matricola e la provincia degli studenti:

```
SELECT Nome, Matricola, Provincia
FROM   Studenti
```

Nome	Matricola	Provincia
Isaia	171523	PI
Rossi	167459	LU
Bianchi	179856	LI
Bonini	175649	PI

ESEMPI: Restrizione

- Trovare tutti i dati degli studenti di Pisa:

```
SELECT   *
FROM     Studenti
WHERE    Provincia = 'PI'
```

Nome	Matricola	Provincia	AnnoNascita
Isaia	171523	PI	1996
Bonini	175649	PI	1996

- Trovare la matricola, l'anno di nascita e il nome degli studenti di Pisa (*Proiezione+Restrizione*):

```
SELECT   Nome, Matricola, AnnoNascita
FROM     Studenti
WHERE    Provincia = 'PI'
```

Nome	Matricola	AnnoNascita
Isaia	171523	1996
Bonini	175649	1996

ESEMPI: Prodotto e giunzione

- Trovare tutte le possibili coppie Studente-Esame:

```
SELECT   *
FROM     Studenti, Esami
```

- Trovare tutte le possibili coppie Studente - Esame sostenuto dallo studente:

```
SELECT   *
FROM     Studenti s, Esami e
WHERE    s.Matricola = e.Matricola
```

- Trovare il nome e la data degli esami per gli studenti che hanno superato l'esame di BD con 30:

```
SELECT   Nome, Data
FROM     Studenti s, Esami e
WHERE    e.Materia = 'BD'  AND e.Voto = 30
         AND e.Matricola = s.Matricola
```

ESEMPI: ordinamenti e funzioni di aggregazione

- Studenti ordinati per Nome

```
SELECT  *
FROM    Studenti
ORDER BY        Nome;
```

- Numero di elementi di Studenti

```
SELECT  count(*)
FROM    Studenti;
```

- Anno di nascita minimo, massimo e medio degli studenti:

```
SELECT  min(AnnoNascita), max(AnnoNascita), avg(AnnoNascita)
FROM    Studenti;
```

IL VALORE NULL

- Il valore di un campo di un'ennupla può mancare per varie ragioni; SQL fornisce il valore speciale NULL per tali situazioni.
- La presenza del NULL introduce dei problemi:
  - occorrono dei predicati per controllare se un valore è/non è NULL.
  - la condizione "reddito>8" è vera o falsa quando il reddito è uguale a NULL? Cosa succede degli operatori AND, OR e NOT?
  - Occorre una logica a 3 valori (vero, falso e unknown).
  - Va definita opportunamente la semantica dei costrutti. Ad es. il WHERE elimina le ennuple che non rendono vera la condizione.
  - Nuovi operatori sono utili (es. giunzioni esterne)

IL RAGGRUPPAMENTO

- Per ogni materia, trovare nome della materia e voto medio:
  - Per ogni materia:
    - Un attributo della materia
    - Una funzione aggragata sugli esami della materia
- Soluzione:

```
SELECT e.Materia, avg(e.Voto)
FROM Esami e
GROUP BY e.Materia
```

IL RAGGRUPPAMENTO

- Per ogni studente, nome e voto medio:

```
SELECT s.Nome, avg(e.Voto)
FROM Studenti s, Esami e
WHERE s.Matricola = e.Matricola
GROUP BY s.Matricola, …
```

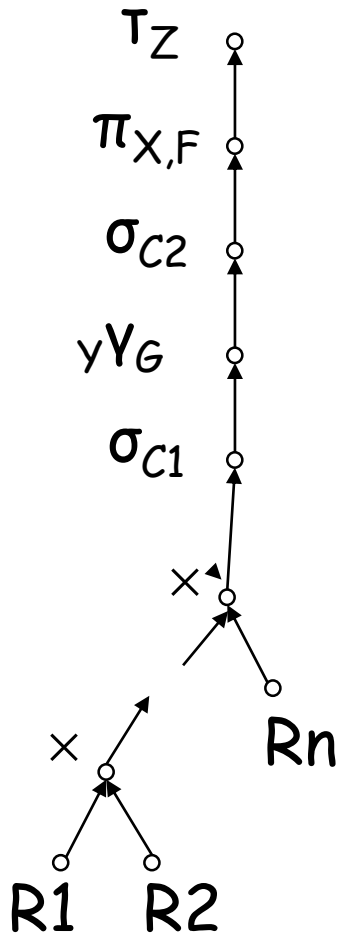
- È necessario scrivere:
  - GROUP BY s.Matricola, s.Nome
- Gli attributi espressi non aggregati nella select (s.Nome) devono essere inclusi tra quelli citati nella GROUP BY (s.Matricola, s.Nome)
- Gli attributi aggregati (avg(e.Voto)) vanno scelti tra quelli non raggruppati

IL RAGGRUPPAMENTO

- SELECT ... FROM ... WHERE ... GROUP BY A1,..,An [HAVING condizione]
- Semantica:
  - Esegue le clausole FROM - WHERE
  - Partiziona la tabella risultante rispetto all'uguaglianza su tutti i campi A1…An (solo in questo caso, si assume NULL = NULL)
  - Elimina i gruppi che non rispettano la clausola HAVING
  - Da ogni gruppo estrae una riga usando la clausola SELECT

SQL -> ALGEBRA

- SELECT DISTINCT X, F
  FROM R1,…,Rn
  WHERE C1
  GROUP BY Y
  HAVING C2
  ORDER BY Z
- X, Y, Z sono insiemi di attributi
- F, G sono insiemi di espressioni aggregate, tipo count(*) o sum(A)
- $X,Z \subseteq Y$, $F \subseteq G$, C2 nomina solo attributi in Y o espressioni in G



LA CLAUSOLA HAVING: IMPORTANTE

- Attenzione:
  - Se la SELECT contiene sia espressioni aggregate (MIN, COUNT…) che attributi non aggregati, allora DEVE essere presente la clausola GROUP BY
  - Le clausole HAVING e SELECT citano solo:
    - espressioni su attributi di raggruppamento;
    - funzioni di aggregazione applicate ad attributi non di raggruppamento.

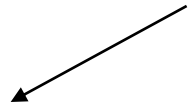
ESECUZIONE DI GROUP BY

```
SELECT Matricola, count(*) AS NEsami, min(Voto), max(Voto), avg(Voto)
FROM Esami
GROUP BY  Matricola
HAVING count(*) > 1;
```

Materia	Matricola	Voto	Docente
DA	1	20	10
LFC	2	30	20
MTI	1	30	30
LP	2	20	40

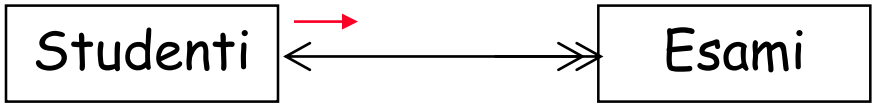
Materia	Matricola	Voto	Docente
DA	1	20	10
MTI	1	30	30
LFC	2	30	20
LP	2	20	40

Matricola	NEsami	min(Voto)	max(Voto	Avg(Voto)
1	2	20	30	25
2	2	20	30	25



LA QUANTIFICAZIONE

- Tutte le interrogazioni su di una associazione multivalore vanno quantificate



- Non: gli studenti che hanno preso 30 (ambiguo!)

  ma:

  - Gli studenti che hanno preso sempre (o solo) 30: universale
  - Gli studenti che hanno preso qualche (almeno un) 30: esistenziale
  - Gli studenti che non hanno preso qualche 30 (senza nessun 30): universale
  - Gli studenti che non hanno preso sempre 30: esistenziale

LA QUANTIFICAZIONE

- Universale negata = esistenziale:
  - Non tutti i voti sono ≤ 24 = Almeno un voto >24 (esistenziale)
- Esistenziale negata = universale:
  - Non esiste voto diverso da 30 = Tutti i voti sono uguali a 30 (universale)

LA QUANTIFICAZIONE ESISTENZIALE

- Gli studenti con almeno un voto sopra 27; servirebbe un quantificatore $\exists e \in$ Esami-Di(s): e.Voto > 27 (stile OQL):

```
SELECT s.Nome
FROM Studenti s
WHERE EXIST Esami e WHERE e.Matricola = s.Matricola : e.Voto > 27
```

- Altra query esistenziale: gli studenti in cui non tutti gli esami hanno voto 30, ovvero: gli studenti in cui qualche esame ha voto diverso da 30:

```
SELECT s.Nome
FROM Studenti s
WHERE EXIST Esami e WHERE e.Matricola = s.Matricola : e.Voto <> 30
```

RICORDIAMO LA SINTASSI DEL WHERE

- Combinazione booleana di predicati tra cui:
  - Expr Comp Expr
  - Expr Comp (Sottoselect che torna un valore)
  - **[NOT] EXISTS (Sottoselect)**
- Inoltre:
  - Espr Comp (ANY | ALL) (Sottoselect)
  - Expr [NOT] IN (Sottoselect) (oppure IN (v1,..,vn))
- Comp: <, =, >, <>, <=, >=

LA QUANTIFICAZIONE ESISTENZIALE: EXISTS

- Gli studenti con almeno un voto sopra 27 stile OQL:

```
SELECT s.Nome
FROM Studenti s
WHERE EXIST Esami e WHERE e.Matricola = s.Matricola : e.Voto >
   27
```

- In SQL diventa:

```
SELECT s.Nome
FROM Studenti s
WHERE EXISTS (SELECT *
                FROM Esami e
                WHERE e.Matricola = s.Matricola AND e.Voto > 27)
```

LA QUANTIFICAZIONE ESISTENZIALE: GIUNZIONE

- Gli studenti con almeno un voto sopra 27, tramite EXISTS:

```
SELECT s.Nome
FROM Studenti s
WHERE EXISTS (SELECT *
              FROM Esami e
              WHERE e.Matricola = s.Matricola AND e.Voto > 27)
```

- Stessa quantificazione esistenziale, tramite giunzione:

```
SELECT s.Nome
FROM Studenti s, Esami e
WHERE e.Matricola = s.Matricola AND e.Voto > 27
```

LA QUANTIFICAZIONE ESISTENZIALE: ANY

- ANY equivale ad EXISTS
- La solita query:

```
SELECT s.Nome    FROM Studenti s
WHERE EXISTS (SELECT *  FROM Esami e
                    WHERE e.Matricola = s.Matricola AND e.Voto > 27)
```

- Si può esprimere anche tramite ANY:

```
SELECT s.Nome   FROM Studenti s
WHERE s.Matricola =ANY (SELECT e.Matricola  FROM Esami e
                                WHERE e.Voto >27)
SELECT s.Nome   FROM Studenti s
WHERE 27 <ANY (SELECT e.Voto FROM Esami e
                    WHERE e.Matricola = s.Matricola)
```

LA QUANTIFICAZIONE ESISTENZIALE: IN

- IN è solo un'abbreviazione di =ANY
- La solita query:

```
SELECT s.Nome   FROM Studenti s
WHERE s.Matricola =ANY (SELECT e.Matricola  FROM Esami e
                        WHERE e.Voto >27)
```

- Si può esprimere anche tramite IN:

```
SELECT s.Nome   FROM Studenti s
WHERE s.Matricola IN   (SELECT e.Matricola  FROM Esami e
                        WHERE e.Voto >27)
```

RIASSUMENDO

- La quantificazione esistenziale si fa con:
  - Exists (il più espressivo)
  - Giunzione
  - =Any, >Any, <Any…
  - IN
- =Any, >Any, <Any, IN,… non aggiungono potere espressivo
- Il problema vero è: non confondere esistenziale con universale!

LA QUANTIFICAZIONE UNIVERSALE

- Gli studenti che hanno preso solo 30
- Errore comune (e grave):

```
SELECT s.Nome
FROM Studenti s, Esami e
WHERE e.Matricola = s.Matricola AND e.Voto = 30
```

- In stile OQL ($\forall e \in$Esami-Di(s): e.Voto = 30):

```
SELECT s.Nome
FROM Studenti s
WHERE FORALL Esami e WHERE e.Matricola = s.Matricola : e.Voto = 30
```

LA QUANTIFICAZIONE UNIVERSALE

- Gli studenti che hanno preso solo 30

```
SELECT s.Nome
FROM Studenti s
WHERE FORALL Esami e WHERE e.Matricola = s.Matricola : e.Voto = 30
```

- ????

```
SELECT s.Nome
FROM Studenti s
WHERE FORALL Esami e WHERE e.Voto = 30: e.Matricola = s.Matricola
```

LA QUANTIFICAZIONE UNIVERSALE

- Prima scrivete:

  SELECT s.Nome FROM Studenti s

  WHERE **FORALL** Esami e **WHERE** e.Matricola = s.Matricola **:** e.Voto **=** 30)

- Poi traducete $\forall e \in E.p$ in $\neg\exists e \in E.\ \neg p$
  ($\neg\exists e.\ e \in E \wedge \neg p = \forall e.\ \neg(e \in E \wedge \neg p) = \forall e.\ \neg e \in E \vee p = \forall e.\ (e \in E \Rightarrow p) = \forall e \in E.\ p$):

  SELECT s.Nome FROM Studenti s

  WHERE **NOT EXIST** Esami e **WHERE** e.Matricola = s.Matricola **:** e.Voto **<>** 30

- In SQL diventa:

  SELECT s.Nome FROM Studenti s

  WHERE **NOT EXISTS (SELECT ***
  FROM Esami e
  WHERE e.Matricola = s.Matricola **AND** e.Voto **<>** 30**)**

LA QUANTIFICAZIONE UNIVERSALE CON ALL

- La query:

```
SELECT s.Nome  FROM Studenti s
WHERE FORALL Esami e WHERE e.Matricola = s.Matricola : e.Voto =
   30)
```

- Diventa:

```
SELECT s.Nome FROM Studenti s
WHERE 30 =ALL (SELECT e.Voto FROM Esami e
                                    WHERE e.Matricola = s.Matricola )
```

LA QUANTIFICAZIONE UNIVERSALE CON ALL

- Sostituendo EXISTS con =ANY, la solita query (studenti con tutti 30):

```
SELECT s.Nome FROM Studenti s
WHERE NOT EXISTS (SELECT * FROM Esami e
                  WHERE e.Matricola = s.Matricola
                  AND e.Voto <> 30)
```

- Diventa:

```
SELECT s.Nome FROM Studenti s
WHERE NOT(s.Matricola =ANY (SELECT e.Matricola FROM Esami e
                            WHERE e.Voto <> 30))
```

- Ovvero:

```
SELECT s.Nome FROM Studenti s
WHERE s.Matricola <>ALL (SELECT e.Matricola FROM Esami e
                         WHERE e.Voto <> 30)
```

- Naturalmente, <>ALL è lo stesso di NOT IN…

LA QUANTIFICAZIONE UNIVERSALE E GLI INSIEMI VUOTI

- Trovare gli studenti che hanno preso solo trenta:

```
SELECT s.Nome
FROM Studenti s
WHERE NOT EXISTS (SELECT *
                  FROM Esami e
                  WHERE e.Matricola = s.Matricola AND e.Voto <> 30)
```

- Perché trovo anche Rossi? Cosa cambia se invece di **NOT EXISTS** uso **<>ALL** oppure **NOT IN**?

Nome	Matricola	Provincia	AnnoNascita
Bianco	1	PI	1996
Verdi	2	PI	1992
Rossi	3	PI	1992

Mater.	Matricola	Voto
RC	1	30
IS	2	30
RC	2	20

GLI INSIEMI VUOTI

- Se voglio gli studenti che hanno preso solo trenta, e hanno superato qualche esame:

```
SELECT s.Nome
FROM Studenti s
WHERE NOT EXISTS (SELECT *
                  FROM Esami e
                  WHERE e. Matricola = s.Matricola AND e.Voto < 27)
      AND EXISTS (SELECT *
                  FROM Esami e
                  WHERE e. Matricola = s.Matricola)
```

- Oppure:

```
SELECT s.Nome
 FROM Studenti s, Esami e
 WHERE s.Matricola = e.Matricola
 GROUP BY s.Matricola, s. Nome
 HAVING Min(e.Voto) >= 27
```

OTTIMIZZARE IL NOT EXISTS

- Loop interno valutato una volta per ogni studente:

```
SELECT s.Nome
FROM Studenti s
WHERE NOT EXISTS (SELECT *
                  FROM Esami e
                  WHERE e.Matricola = s.Matricola AND e.Voto > 21)
```

- Loop interno valutato una sola volta (loop interno *decorrelato*):

```
SELECT s.Nome
FROM Studenti s
WHERE s.Matricola NOT IN (SELECT e.Matricola
                          FROM Esami e
                          WHERE e.Voto > 21)
```

NOT IN ED OUTER JOIN

- Loop interno valutato una sola volta (loop interno *decorrelato*):

```
SELECT s.Nome
FROM Studenti s
WHERE s.Matricola NOT IN (SELECT e.Matricola
                          FROM Esami e
                          WHERE e.Voto > 21)
```

- Outer join:

```
SELECT s.Nome
FROM Studenti s LEFT JOIN (SELECT *
                           FROM Esami e
                           WHERE e.Voto > 21) USING Matricola
WHERE e.Voto IS NULL
```

LEFT OUTER JOIN

R

A	B
1	a
2	b
3	c

S

A	C
1	x
3	y
5	z

```
SELECT *
FROM R
        NATURAL JOIN
        S;
```

A	B	C
1	a	x
3	c	y

Chiamato anche: natural **inner** join

R

A	B
1	a
2	b
3	c

S

A	C
1	x
3	y
5	z

```
SELECT *
FROM R
        NATURAL LEFT JOIN
        S;
```

A	B	C
1	a	x
2	b	
3	c	y

Chiamato anche : natural left **outer** join

OUTER JOIN: RIGHT, FULL

R

A	B
1	a
2	b
3	c

S

A	C
1	x
3	y
5	z

```
SELECT *
FROM R
        NATURAL RIGHT JOIN
        S;
```

A	B	C
1	a	x
3	c	y
5		z

Chiamato anche : natural right **outer** join

R

A	B
1	a
2	b
3	c

S

A	C
1	x
3	y
5	z

```
SELECT *
FROM R
        NATURAL FULL JOIN
        S;
```

A	B	C
1	a	x
2	b	
3	c	y
5		z

Chiamato anche : natural full **outer** join

SQL PER MODIFICARE I DATI

- INSERT INTO Tabella [(A1,..,An)]
  (VALUES (V1,..,Vn) | AS Select)
- UPDATE Tabella
  SET Attributo = Expr, …, Attributo = Expr
  WHERE Condizione
- DELETE FROM Tabella
  WHERE Condizione